

Docket No.: 57810-075

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Naoya SOTANI, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 12, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For: METHOD OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE AND SYSTEM OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE		

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

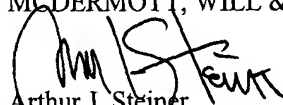
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2002-270939, filed September 18, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: September 12, 2003

57810-075
SOTANI et al.
September 12, 2003

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-270939

[ST.10/C]:

[JP2002-270939]

出 願 人

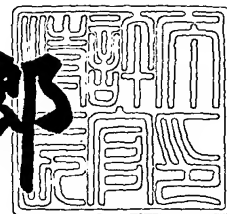
Applicant(s):

三洋電機株式会社

2003年 6月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3045489

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPC1020040

【提出日】 平成14年 9月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 29/786

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
 三洋電機株式会社内

 【氏名】 曾谷 直哉

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
 三洋電機株式会社内

 【氏名】 長谷川 勲

【特許出願人】

 【識別番号】 000001889

 【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

 【代表者】 桑野 幸徳

【代理人】

 【識別番号】 100104433

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 宮園 博一

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 073613

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0001887

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 近赤外レーザを発振するレーザ発振器から照射光学系までを単一のコア部を有する光ファイバで接続する工程と、

前記近赤外レーザを前記照射光学系から照射することによって、半導体層を加熱する工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記光ファイバで接続する工程は、

高次モードの発振に起因する前記レーザ光の強度ばらつきを低減可能な長さを有する光ファイバで、前記レーザ発振器から前記照射光学系までを接続する工程を含む、請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記レーザ発振器は、第 1 レーザ発振器と第 2 レーザ発振器とを含み、

前記光ファイバは、前記第 1 レーザ発振器に接続される単一のコア部を有する第 1 光ファイバと、前記第 2 レーザ発振器に接続される単一のコア部を有する第 2 光ファイバとを含み、

前記照射光学系は、前記第 1 光ファイバおよび前記第 2 光ファイバが接続され、単一のレーザビームを照射する単一の照射光学系を含む、請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記光ファイバで接続する工程は、

前記レーザ発振器を第 1 の部屋に設置するとともに、前記照射光学系を第 2 の部屋に設置し、前記レーザ発振器から前記照射光学系までを前記単一のコア部を有する光ファイバで接続する工程を含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記半導体層を加熱する工程は、

前記半導体層の上方および下方のいずれか一方に、吸収膜を形成する工程と、前記吸収膜に連続発振型の前記近赤外レーザを照射することにより前記吸収膜を発熱させ、その熱を利用して前記半導体層の結晶化を行う工程とを含む、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、レーザ光を用いて半導体層を加熱する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、液晶表示装置の画素駆動用トランジスタとして、多結晶シリコン膜を能動層として用いた薄膜トランジスタ（以下、多結晶シリコンTFT）が採用されている。このような液晶表示装置では、低コスト化、高性能化および軽量コンパクト化のために、多結晶シリコンTFTの高性能化が要求されている。多結晶シリコンTFTの高性能化には、基板上の多結晶シリコン膜をできるだけ単結晶に近づける必要がある。

【 0 0 0 3 】

ところで、従来、レーザ光を用いて半導体層を加熱することによって、半導体層を結晶化したり、半導体層内の不純物を活性化する技術が知られている。最近では、エキシマレーザアニール（ELA）法を用いて半導体層を加熱することによって、より大きな結晶粒径を得る技術が開発されている。このELA法は、基板への熱影響を回避するために、数100nsecのパルス発振により短時間で結晶化を行う方法であり、安価なガラス基板を用いる低温プロセスでの結晶化方法の主流の技術である。また、ELA法では、200nm前後の短波長のレーザ光を用いるため、非晶質シリコンや多結晶シリコンへの吸収率が高い。これにより、短時間でシリコン膜を高温に加熱することができる。

【 0 0 0 4 】

しかし、上記した従来のエキシマレーザアニール（ELA）法では、加熱する半導体層の膜厚や膜質により吸収率が大きく影響されるとともに、パルス発振の不安定さに起因してビーム強度がばらつくので、加熱を均一に行うことが困難であった。このため、素子特性がばらついて歩留まりが低下するという不都合があった。また、従来のELA法では、装置コストや稼働コストが高いという不都合

もあった。さらに、従来の E L A 法では、パルス発振であるため、レーザー光線の高速走査を行うことが困難である。このため、スループット（生産性）が低いという不都合もあった。

【 0 0 0 5 】

そこで、本願発明者は、エキシマレーザを用いる E L A 法に代えて、連続発振型の Y A G レーザを用いて非晶質シリコン膜の結晶化を行う技術を、特許文献 1 や特許文献 2 において提案した。この提案した方法では、巨大な結晶粒または単結晶を歩留まりを低下させることなく形成することができるとともに、巨大な結晶粒または単結晶を低コストおよび高スループットで形成することが可能である。

【 0 0 0 6 】

しかし、上記した従来の Y A G レーザを用いる方法では、レーザー発振器と照射光学系とをミラーやレンズなどの光学系で接続していたため、照射光学系を含む光学系全体を小型化するのが困難であるという不都合があった。また、レーザー発振器と、照射光学系と、レーザー発振器と照射光学系とを接続するための光学系とをすべてクリーンルーム（無塵室）内に設置する必要があるため、クリーンルームが大型化するという不都合もあった。

【 0 0 0 7 】

そこで、従来、複数のコア部を有する光ファイバ束を用いて、レーザー発振器と照射光学系とを接続する技術が提案されている（特許文献 3 および 4 参照）。このように光ファイバ束によりレーザー発振器と照射光学系とを接続すれば、照射光学系を含む光学系全体を小型化することが可能になる。また、光ファイバ束を用いれば、照射光学系のみをクリーンルームに設置することができるので、クリーンルームが大型化するという不都合を解消することができる。

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 2 9 1 6 6 6 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 5 0 5 7 6 号公報

【特許文献 3】

特開平 6 - 3 4 5 4 1 5 号公報

【特許文献 4】

特開 2 0 0 1 - 1 5 6 0 1 7 号公報

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した従来の複数の光ファイバが束状に束ねられた光ファイバ束を用いる方法では、レンズにより集光されたレーザ光を光ファイバ束の複数のコア部のみに入射させることは困難であるので、コア部の周囲に位置するクラッド部にもレーザ光が入射される。この場合、クラッド部に高密度な光が入射するとクラッド部の温度が上昇して焼き付くという不都合が生じるため、光ファイバ束に入射される光をあまり高密度にすることは困難である。このため、従来の光ファイバ束を用いる方法では、半導体層の結晶化や不純物の活性化を行うのに必要な高い光密度のレーザ光を光ファイバ束に入射させるのが困難である。その結果、従来の光ファイバ束を用いる方法では、半導体層の結晶化や不純物の活性化を行うのが困難であるという問題点がある。

【0 0 0 9】

なお、上記特許文献 3 では、ファイバ束の径を出口側で小さく絞ることにより、光密度を高めることが記載されている。しかし、この方法では、光密度をそれほど高めることはできないため、半導体層の結晶化や不純物の活性化などに必要な高密度なレーザ光を得るのは困難である。

【0 0 1 0】

また、光ファイバの出口に設けられるレンズ群を用いて、光ファイバの出口から出射したレーザ光を大きく高密度化（ビームの縮小投影）することにより、レーザビームの光密度を高くすることも考えられる。しかし、その場合には、光ファイバの出口に設けられるレンズ群が大型化するという問題点が新たに発生する。

【0 0 1 1】

上記のように、従来の光ファイバ束を用いる方法では、光ファイバ束の出口に設けられるレンズ群の小型化を図りながら、半導体層の結晶化や不純物の活性化

などに必要な高密度なレーザ光を得るのが困難である。

【0012】

また、YAGレーザは、エキシマレーザに比較すると、その発振安定性は格段に優れている。しかしながら、より詳細に強度変化を見ると、時間とともにレーザ発振強度が変動するという不都合がある。図13は、YAGレーザ励起用の半導体レーザ(LD)を40Aに設定した場合と、レーザ出力が470Wになるようにフィードバック制御した場合との、時間とレーザ出力(発振強度)との関係を示した相関図である。図13に示すように、YAGレーザでは、時間とともにレーザ出力(発振強度)が細かく変動していることがわかる。また、YAGレーザの照射光内部の光強度分布は、図14に示すように、極めて短時間かつランダムなピークが入れ替わり立ち替り存在している。これは、レーザの高次モードの発振に起因する可能性があると考えられる。これらのことから、従来では、YAGレーザを用いて半導体層の結晶化を行う際に、ビーム強度の最も低いところで半導体層の結晶化が可能な温度にするため、全体の照射強度を高める必要があった。このように、全体の照射強度を高めた場合には、ビーム強度のピーク値が膜はがれが生じるしきい値を超える可能性が高まるため、歩留りが低下する恐れが高いという問題点もあった。

【0013】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、

この発明の1つの目的は、光ファイバの出口に設けられるレンズ群の小型化を図りながら、半導体層の結晶化や不純物の活性化などに必要な高密度なレーザ光を得ることが可能な半導体装置の製造方法を提供することである。

【0014】

また、この発明のもう1つの目的は、上記の半導体装置の製造方法において、レーザ光強度のばらつきに起因する歩留りを低減することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

この発明の一の局面による半導体装置の製造方法は、近赤外レーザを発振するレーザ発振器から照射光学系までを単一のコア部を有する光ファイバで接続する

工程と、近赤外レーザを照射光学系から照射することによって、半導体層を加熱する工程とを備えている。なお、本発明の近赤外レーザとは、 $0.75\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下の波長を有するレーザを意味する。

【0016】

この一の局面による半導体装置の製造方法では、上記のように、近赤外レーザを発振するレーザ発振器から照射光学系までを単一のコア部を有する光ファイバで接続することによって、レーザ光をレンズにより集光させて光ファイバに投入する際に、複数のコア部を有する光ファイバ束にレーザ光を投入する場合と異なり、コア部の周囲のクラッド部にレーザ光が入射するのが防止される。これにより、クラッド部の温度上昇を抑制することができるので、光ファイバに入射させる光密度を高くすることができる。そのため、単一のコア部を有する光ファイバでは、光ファイバ束を用いる場合と異なり、容易に、結晶化や不純物の活性化を行うことが可能な程度まで光ファイバに入射する光密度を高めることができるので、容易に、光ファイバを用いて半導体層の結晶化や不純物の活性化を行うことができる。また、光ファイバに入射させる光密度を高くすることができるので、光ファイバの出口に設けられるレンズ群をより小型化することができる。

【0017】

また、光ファイバを用いることによって、レーザ発振器と照射光学系（熱処理部）とを別個の場所に設置することができるので、レイアウトの自由度を増すことができるとともに、照射光学系（熱処理部）が設置されるクリーンルーム（無塵室）の省スペース化を図ることができる。また、光ファイバを用いることによって、レーザ発振器と照射光学系とを接続するためのミラーやレンズなどの光学系が不要になるので、照射光学系を含む光学系全体を小型化することができる。これにより、照射光学系を容易に移動させることができるので、基板に加えて照射光学系を走査することができる。その結果、基板側のみをXY方向に走査する場合に比べて、装置の自由度を増すことができるとともに、装置の小型化を図ることができる。

【0018】

上記の半導体装置の製造方法において、好ましくは、光ファイバで接続する工

程は、高次モードの発振に起因するレーザー光の強度ばらつきを低減可能な長さを有する光ファイバで、レーザー発振器から照射光学系までを接続する工程を含む。このように構成すれば、容易に、高次モードの発振に起因するレーザー光の強度ばらつきを低減することができるので、より均一なレーザー光を得ることができる。これにより、レーザー光の強度ばらつきに起因する歩留りの低下を抑制することができる。

【 0 0 1 9 】

上記の半導体装置の製造方法において、好ましくは、レーザー発振器は、第1レーザー発振器と第2レーザー発振器とを含み、光ファイバは、第1レーザー発振器に接続される単一のコア部を有する第1光ファイバと、第2レーザー発振器に接続される単一のコア部を有する第2光ファイバとを含み、照射光学系は、第1光ファイバおよび第2光ファイバが接続される単一の照射光学系を含む。このように構成すれば、1つのレーザー発振器からレーザー光を入射する場合に比べて、レーザービームの光強度を向上させることができる。また、線状のレーザービームの長手方向に所定の間隔を隔てて第1および第2レーザー発振器を配置すれば、その第1および第2レーザー発振器からのレーザー光を集光することにより、容易に、長手方向の長さの長い線状（矩形状）のレーザービームを形成することができる。

【 0 0 2 0 】

上記の半導体装置の製造方法において、好ましくは、光ファイバで接続する工程は、レーザー発振器を第1の部屋に設置するとともに、照射光学系を第2の部屋に設置し、レーザー発振器から照射光学系までを単一のコア部を有する光ファイバで接続する工程を含むようにしてもよい。このように構成すれば、照射光学系を設置するクリーンルームなどの第2の部屋の省スペース化を図ることができる。

【 0 0 2 1 】

上記一の局面による半導体装置の製造方法において、好ましくは、半導体層を加熱する工程は、半導体層の上方および下方のいずれか一方に、吸収膜を形成する工程と、吸収膜に連続発振型の近赤外レーザーを照射することにより吸収膜を発熱させ、その熱を利用して半導体層の結晶化を行う工程とを含む。このようにレーザーが照射された吸収膜の発熱を利用して半導体層を間接的に加熱することによ

って、吸収膜から熱が半導体層に放射される際に、熱のばらつきが緩和される。これにより、半導体層をほぼ均一に加熱することができるので、巨大な結晶粒または単結晶を歩留まりを低下させることなく形成することができる。また、連続発振型の近赤外レーザを用いれば、ELA法で用いるパルスレーザと異なり、レーザ光線の高速走査を行うことができるので、大きな面積を均一で、かつ、短時間で処理することができる。これにより、生産性（スループット）を向上させることができる。また、連続発振型レーザは、ELA法で用いるパルスレーザに比べてビーム強度のばらつきが少ないので、均一な加熱を行うことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

【0023】

図1は、本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法に用いるレーザ照射装置の全体構成を示した概略図である。図2は、図1に示したレーザ照射装置の発振器の内部構成を示した概略図である。図3は、図1に示したレーザ照射装置に用いる光ファイバの構造を示した断面図である。

【0024】

図1～図3を参照して、まず、本実施形態による半導体装置の製造方法に用いるレーザ照射装置の構成について説明する。このレーザ照射装置は、レーザ発振器1と、光ファイバ2と、照射光学系3と、照射光学系移動部4と、ベース5と、ヒータプレート6と、操作盤7とを備えている。ヒータプレート6上には、基板50が設置されている。

【0025】

光ファイバ2は、レーザ発振器1と照射光学系3とを接続している。そして、レーザ発振器1は、クリーンルーム（無塵室）の外部の部屋に設置されるとともに、照射光学系3、照射光学系移動部4、ベース5、ヒータプレート6および操作盤7は、クリーンルーム内に設置されている。クリーンルームと、発振器1が設置されるクリーンルームの外部の部屋との間には、中間のクリーン度を有するサービスエリアが設けられている。

【0026】

ヒータプレート6は、ベース5に設置されたモータおよびスクリーねじによりレーザビーム100の短辺方向に移動可能に、ベース5上に設置されている。また、照射光学系移動部4は、モータおよびスクリーねじを含むとともに、レーザビーム100の長辺方向に移動可能に設置されている。操作盤7は、基板50へのレーザ照射条件を設定するとともに、レーザ照射の開始および終了を制御するために設置されている。操作者60は、操作盤7を用いて、レーザ照射工程を行う。

【0027】

また、本実施形態におけるレーザ発振器1の内部構成としては、図2に示すように、YAGレーザの発振用の結晶であるYAGロット11を挟むように、励起用の半導体レーザ(LD)12aおよび12bが設けられている。また、YAGロット11の長手方向の側部の両側には、YAGロット11から出射されるレーザ光を共振させるためのミラー13および14が設けられている。また、ミラー13を通過したレーザ光を一部反射させるためのミラー15と、ミラー15を通過したレーザ光を遮断するためのシャッター16とが設けられている。シャッター16の前方には、レーザ光を集光して光ファイバ2の単一のコア部2aに入射させるためのレンズ17が設けられている。また、ミラー15によって一部反射されたレーザ光を検知するための光強度センサ18が設けられている。

【0028】

光強度センサ18の出力は、電源を含む制御部19に接続されている。また、励起用半導体レーザ(LD)12aおよび12bの出力も、制御部19に入力されている。制御部19では、光強度センサ18の検出結果と励起用半導体レーザ(LD)12bの出力とに基づいて、フィードバック制御を行う。

【0029】

ここで、本実施形態では、レーザ発振器1と照射光学系3とを接続する光ファイバ2は、図3に示すように、単一のコア部2aとその単一のコア部2aの周囲に形成されたクラッド部2bとから構成されている。この光ファイバ2は、ステップインデックス型であるとともに、約10m以上の長さ(本実施形態では40

m) を有するように形成されている。

【 0 0 3 0 】

図 4 は、光ファイバの長さを 5 m と 1 0 m とに変化させてレーザビームを基板に走査した際のアニール帯（走査領域）の端部の結晶状態を示した模式図である。図 4 に示すように、ファイバ長が 5 m のときには、アニール帯（走査領域）50 a の端部の結晶状態のばらつきが大きい。このことから、ファイバ長が 5 m と短い場合には、レーザビームのビーム強度が均一化されていないと考えられる。これに対して、ファイバ長が 1 0 m 程度に長くなると、アニール帯（走査領域）50 a の端部の結晶状態のバラツキが小さくなっていることがわかる。このことから、ファイバ長が 1 0 m 程度になると、高次モードの発振に起因するビーム強度のばらつきを低減できることが判明した。したがって、光ファイバ 2 のファイバ長は、約 1 0 m 以上の長さを有するのが好ましい。この点を考慮して、本実施形態では、上記のように、光ファイバ 2 を約 4 0 m の長さに設定している。これにより、本実施形態では、図 1 4 に示した従来のビーム強度と異なり、図 5 に示すように、ビーム強度の均一化を図ることができる。

【 0 0 3 1 】

図 6 は、楕円ビームを形成した場合と矩形ビームを形成した場合との相違点を説明するための概略図であり、図 7 は、図 6 に示した矩形ビームを用いる場合のレーザビームの位置とビーム強度との関係を示した相関図である。

【 0 0 3 2 】

図 6 を参照して、本実施形態では、光ファイバ 2 の先端に接続される照射光学系 3 として、線状（矩形状）にレーザビームを集光するためのアレイレンズ型やカライドスコープ型の光学系を用いている。なお、単なるシリンドリカルレンズにより楕円形状のレーザビームを形成した場合、図 6 に示すように、横方向位置によって照射されるエネルギーが異なる。すなわち、楕円形状のレーザビームでは、中央部に比べて端部に照射されるエネルギーが小さいので、良好に結晶化を行うことができるのは、矩形ビームの約 7 割程度である。これに対して、矩形ビームでは、横方向位置に対して照射されるエネルギーが同じであるため、楕円ビームの場合に比べてより結晶化が可能な面積が多くなる。このため、本実施形態では、

矩形ビームを用いている。これにより、本実施形態では、図5に示した状態から照射光学系3を通過することによって、図7に示すような矩形状のビーム形状が得られる。

【0033】

また、本実施形態では、光ファイバ2のコア部2aは、約0.6mm以下の直径（コア径）を有する。その理由は、以下の通りである。

【0034】

すなわち、ガラス基板の平面度は100 μ m程度であるので、レーザービームの焦点深度は約 $\pm 100\mu$ m以上である必要がある。この場合、0.1mmの短辺を有するレーザービームに集光する際に、0.3mmのコア径を有する光ファイバ2を用いれば、ビーム品質は50mm \cdot mradになる。なお、ビーム品質とは、ビームの細い部分の幅とビーム広がり角との積により表されるものであり、小さい方がより高品質である。このビーム品質は、光学系により高めることができないという性質を有する。そして、ビーム品質とファイバ径との関係はだいたい決まっており、0.3mmのコア径を有する光ファイバの場合、上記のように、ビーム品質は50mm \cdot mradであり、0.6mmのコア径を有する光ファイバの場合、ビーム品質は、100mm \cdot mradである。

【0035】

0.3mmのコア径を有する光ファイバの場合のレーザービームの短辺の許容精度を0.1mm+0.02mmとすると、ビーム焦点深度は、最大で $\pm 240\mu$ mになる。また、0.6mmのコア径を有するコア部2aを含む光ファイバ2では、焦点深度は、最大で $\pm 120\mu$ mになる。

【0036】

したがって、 $\pm 100\mu$ m以上の焦点深度を得るためには、0.6mm以下のコア径を有するコア部2aを含む光ファイバ2を使用するのが好ましい。本実施形態では、この点を考慮して、0.3mmのコア径を有する光ファイバ2を用いている。なお、本実施形態における0.3mmのコア径を有する光ファイバ2と照射光学系3の実際の焦点深度は、 $\pm 150\mu$ mである。

【0037】

図 8 および図 9 は、図 1 に示したレーザ照射装置を用いる本発明の一実施形態による半導体装置の製造プロセスを説明するための断面図である。以下、図 1、図 2、図 8 および図 9 を参照して、本実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。

【 0 0 3 8 】

まず、図 8 に示すように、プラズマ C V D 法を用いて、ガラス基板 2 1 上に、下から上に向かって、約 6 0 0 n m の厚みを有する $S i O_2$ 膜と約 2 0 n m の厚みを有する $S i N_x$ とからなるバッファ層 2 2 を形成する。そして、そのバッファ層 2 2 上に、活性層となる島状化された非晶質シリコンまたは多結晶シリコンからなる半導体層 2 3 を、約 5 0 n m の厚みで形成する。そして、プラズマ C V D 法を用いて、半導体層 2 3 を覆うように、 $S i O_2$ 膜 2 4 を約 1 0 0 n m の厚みで形成する。そして、その $S i O_2$ 膜 2 4 上に、約 5 0 n m の厚みを有する M o からなる吸収膜 2 5 を形成する。そして、約 2 0 0 ° C で予備加熱を行った後、図 1 に示したレーザ照射装置を用いて、約 0 . 1 m m × 約 4 m m の矩形ビームに集光した連続発振型 Y A G レーザのレーザビーム 1 0 0 を吸収膜 2 5 の上面に走査する。このときの条件は、レーザ出力：約 3 8 5 W、走査速度：約 1 0 0 0 m / s、雰囲気ガス：A r である。

【 0 0 3 9 】

具体的には、図 8 に示した構造を有する基板 5 0 を、図 1 に示したヒータプレート 6 上に真空チャック（図示せず）により固定する。そして、レーザビーム 1 0 0 を走査する際には、その基板 5 0 が設置されたヒータプレート 6 が基板 5 0 の長手方向（レーザビーム 1 0 0 の短辺方向）に約 1 0 0 0 m m / s で移動する。一方向の移動が終了すると、レーザ発振器 1 内のシャッター 1 6（図 2 参照）が閉じられ、光ファイバ 2 にはレーザ光が伝送されなくなる。次に、ヒータプレート 6 を逆方向に移動させると同時に、照射光学系移動部 4 を用いて、照射光学系 3 をレーザビーム 1 0 0 の長辺方向（基板 5 0 の短辺方向）に約 3 . 8 m m だけ移動させる。そして、再度、シャッター 1 6 を開いた後、再びヒータプレート 6 を基板 5 0 の長手方向に約 1 0 0 0 m m / s の速度で移動させながら、基板 5 0 に線状（矩形状）のレーザビーム 1 0 0 を照射する。これらのレーザビーム 1

00の走査を繰り返すことによって、基板50（吸収膜25）の全体にレーザービーム100が照射される。このレーザービーム100の走査によって、吸収膜25が発熱され、その熱が半導体層23に放射されることによって、半導体層23が結晶化される。これにより、結晶化された半導体層23a（図9参照）が得られる。この場合、YAGレーザによるレーザービーム100は、シリコンからなる半導体層23には、ほとんど吸収されない。

【0040】

これらの一連のレーザービーム100の走査は、図1に示したクリーンルーム内に配置された操作盤7を操作者60が操作することにより行われる。また、レーザ発振の出力は、レーザ発振器1内で0.1ms周期でフィードバック制御される。これにより、発振強度の安定化が図られる。

【0041】

上記のように走査を行った後、吸収膜25上に、約100nmのSiO₂膜（図示せず）をプラズマCVD法で形成する。その後、そのSiO₂膜と吸収膜25との積層膜をゲート電極形状にパターンニングすることによって、図9に示されるようなMoからなるゲート電極25aおよびSiO₂膜26が形成される。

【0042】

そして、レジストマスク（図示せず）を所定領域に形成した状態で、nチャネルTFT形成部には、P⁺（リンイオン）を約80keV、約 $7 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件で注入するとともに、pチャネルTFT形成部には、B⁺（ボロンイオン）を約35keV、約 $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件で注入する。その後、RTA（Rapid Thermal Annealing）法により、注入した不純物を活性化する。これにより、図9に示されるような、ソース／ドレイン領域23bが形成される。このようにして、nチャネルTFTおよびpチャネルTFTが形成される。

【0043】

本実施形態では、上記のように、YAGレーザを発振するレーザ発振器1から照射光学系3までを単一のコア部2aを有する光ファイバ2で接続することによって、レーザ光をレンズにより集光させて光ファイバ2に投入する際に、複数の

コア部を有する光ファイバ束にレーザ光を投入する場合と異なり、コア部 2 a の周囲のクラッド部 2 b にレーザ光が入射するのが防止される。これにより、クラッド部 2 b の温度上昇を抑制することができるので、光ファイバ 2 に入射させる光密度を高くすることができる。そのため、単一のコア部 2 a を有する光ファイバ 2 では、光ファイバ束を用いる場合と異なり、容易に、半導体層 2 3 の結晶化を行うことが可能な程度まで光ファイバ 2 に入射する光密度を高めることができるので、容易に、光ファイバ 2 を用いて半導体層 2 3 の結晶化を行うことができる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態では、上記のように、単一のコア部 2 a を有する光ファイバ 2 を用いることによって、光ファイバ 2 に入射させる光密度を高くすることができるので、光ファイバ 2 の出口に設けられるレンズ群をより小型化することができる。

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態では、光ファイバ 2 を用いることによって、レーザ発振器 1 と照射光学系（熱処理部） 3 とを別個の場所に設置することができるので、レイアウトの自由度を増すことができるとともに、照射光学系（熱処理部） 3 が設置されるクリーンルーム（無塵室）の省スペース化を図ることができる。また、光ファイバ 2 を用いることによって、レーザ発振器 1 と照射光学系 3 とを接続するためのミラーやレンズなどの光学系が不要になるので、照射光学系 3 を含む光学系全体を小型化することができる。これにより、照射光学系 3 を容易に移動させることができるので、基板 5 0 に加えて照射光学系 3 を走査することができる。その結果、基板側のみを X Y 方向に走査する場合に比べて、装置の自由度を増すことができるとともに、装置の小型化を図ることができる。

【 0 0 4 6 】

また、本実施形態では、光ファイバ 2 のファイバ長を約 4 0 m に設定することによって、高次モードの発振に起因するレーザ光の強度ばらつきを低減することができる。これにより、より均一なレーザ光を得ることができるので、レーザ光の強度ばらつきに起因する歩留りの低下を抑制することができる。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態では、吸収膜 2 5 に連続発振型の Y A G レーザビーム 1 0 0 を照射することにより吸収膜 2 5 を発熱させ、その熱を利用して半導体層 2 3 の結晶化を行うことにより、吸収膜 2 5 から熱が半導体層 2 3 に放射される際に、熱のばらつきが緩和される。これにより、半導体層 2 3 をほぼ均一に加熱することができるので、巨大な結晶粒または単結晶を有する結晶化された半導体層 2 3 a を歩留りを低下させることなく形成することができる。また、連続発振型の Y A G レーザを用いることによって、E L A 法で用いるパルスレーザと異なり、レーザ光線の高速走査を行うことができるので、大きな面積を均一で、かつ、短時間で処理することができる。これにより、生産性（スループット）を向上させることができる。また、連続発振型レーザは、E L A 法で用いるパルスレーザに比べてビーム強度のばらつきが少ないので、均一な加熱を行うことができる。

【 0 0 4 8 】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【 0 0 4 9 】

たとえば、上記実施形態では、連続発振型の Y A G レーザを用いる例を示したが、本発明はこれに限らず、連続発振型の近赤外レーザ（波長； $0.75\mu\text{m}$ 以上 $2.0\mu\text{m}$ 以下）であれば、他のレーザを用いてもよい。たとえば、連続発振型の Y V O₄ レーザ、Y L F レーザ、N Y A B レーザなどを用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

また、上記実施形態では、近赤外レーザを用いて半導体層を加熱する場合の一例として、近赤外レーザを用いて半導体層を加熱して結晶化を行う場合について説明したが、本発明はこれに限らず、近赤外レーザを用いて半導体層を加熱することにより、半導体層に導入された不純物の活性化などを行うようにしてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、上記実施形態では、Moからなる吸収膜を用いる例を示したが、本発明はこれに限らず、近赤外レーザを吸収可能な材料であれば、高融点金属や合金その他の導電膜なども吸収膜として使用可能である。

【 0 0 5 2 】

また、上記実施形態では、単一のコア部を有する光ファイバを約40mの長さに設定したが、本発明はこれに限らず、高次モードの発振に起因するレーザ光の強度ばらつきを低減可能な長さ（約10m以上）であれば、他の長さを有する光ファイバを用いても良い。

【 0 0 5 3 】

また、上記実施形態では、単一のコア部2aを有する1本の光ファイバ2を用いてレーザ発振器1と照射光学系3とを接続する例を示したが、本発明はこれに限らず、たとえば、図10に示すように、単一のコア部を有する2本の光ファイバ32aおよび32bを用いて、レーザ発振器31aおよび31bと照射光学系33とを接続するようにしてもよい。この場合、2つのレーザ発振器31aおよび31bと、単一のコア部を有する2つの光ファイバ32aおよび32bと、1つの照射光学系33とを備える構成にする。

【 0 0 5 4 】

この場合、照射光学系33は、光ファイバ32aおよび32bからの光がそれぞれ入射されるシリンドリカルレンズ33aおよび33bと、カライドレンズ33cと、シリンドリカルレンズ33dとを含んでいる。このようにすれば、2つのレーザ発振器31aおよび31bからのレーザ光が1つの照射光学系33に入射されるので、1つのレーザ発振器からのレーザ光を入射する場合に比べて、よりレーザビーム100の光強度を高めることができる。また、線状のレーザビームの長手方向に所定の間隔を隔てて2つのレーザ発振器31aおよび31bを配置することによって、その2つのレーザ発振器31aおよび31bからのレーザ光を集光することにより、容易に、長手方向の長さの長い線状（矩形状）のレーザビームを形成することができる。なお、レーザ発振器と、単一のコア部を有する光ファイバとの組を3組以上設けるとともに、これらを1つの照射光学系に接続するようにしてもよい。

【 0 0 5 5 】

なお、図 1 0 に示した装置に用いるレーザ発振器として、図 1 1 に示すような共通の 1 つのレーザ発振器 3 1 を用いることも可能である。このレーザ発振器 3 1 では、YAG ロット 4 1 の両側に共振用のミラー 4 4 および 4 5 が設置されている。そして、ミラー 4 4 の前方には、発振されたレーザ光の $1/2$ を透過するとともに、 $1/2$ を反射するミラー 4 6 a が設けられている。ミラー 4 6 a を透過した光は、レンズ 4 7 a により集光されて光ファイバ 3 2 a に入射される。また、ミラー 4 6 a により反射された光は、ミラー 4 6 b により反射された後、レンズ 4 7 b により集光されて光ファイバ 3 2 b に入射される。このように、ミラー 4 6 a を設けることによって、光ファイバ 3 2 a および 3 2 b に、それぞれ、 $1/2$ の強度を有するレーザ光が同時に入射される。このようにしても、容易に、長手方向の長さの長い線状（矩形状）のレーザビームを得ることができる。

【 0 0 5 6 】

また、上記実施形態では、図 1 に示すように、1 つの照射光学系 3 を用いてレーザビーム 1 0 0 の走査を行ったが、本発明はこれに限らず、たとえば、2 つの照射光学系を用いて 2 つの基板に対してレーザビームの照射を行うデュアルヘッド構造のレーザ照射装置を用いてもよい。

【 0 0 5 7 】

具体的には、図 1 2 に示すように、時間によって光ファイバ 4 2 a および 4 2 b を切り換えるデュアルヘッド構造用の 1 つのレーザ発振器 6 1 と、2 つの照射光学系 5 3 a および 5 3 b とを用いて、別々の基板に対してレーザ照射を行うようにしてもよい。図 1 2 に示した例では、YAG ロット 4 1 の両側に共振用のミラー 4 4 および 4 5 が設置されている。そして、ミラー 4 4 を通過した光が光路切り換え用のミラー 5 6 a によって、所定の時間毎に光路が切り換えられる。ミラー 5 6 a を透過した光は、レンズ 4 7 a により集光されて光ファイバ 4 2 a に入射される。また、ミラー 5 6 a により反射された光は、ミラー 4 6 b により反射された後、レンズ 4 7 b により集光されて光ファイバ 4 2 b に入射される。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、単一のコア部を有する光ファイバでレーザ照射装置と照射光学系とを接続することによって、光ファイバの出口に設けられるレンズ群の小型化を図りながら、半導体層の結晶化や不純物の活性化などに必要な高密度のレーザ光を得ることが可能な半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法に用いるレーザ照射装置の全体構成を示した概略図である。

【図 2】

図 1 に示したレーザ照射装置のレーザ発振器の内部構成を示した概略図である。

【図 3】

図 1 に示したレーザ照射装置の光ファイバの断面構造を示した図である。

【図 4】

図 1 に示したレーザ照射装置の光ファイバのファイバ長さを 5 m と 1 0 m とに変化させてレーザビームを基板に走査した際のアニール帯（走査領域）の端部の結晶状態を示した模式図である。

【図 5】

図 1 に示したレーザ照射装置の光ファイバから出射されるレーザビームの位置と強度分布との関係を示した相関図である。

【図 6】

矩形ビームと楕円ビームとにおけるビーム位置とビーム強度との関係を示した概略図である。

【図 7】

図 6 に示した矩形ビームを用いる場合のレーザビームの位置と強度分布との関係を示した相関図である。

【図 8】

本発明の一実施形態による半導体装置の製造プロセスを説明するための断面図

である。

【図 9】

本発明の一実施形態による半導体装置の製造プロセスを説明するための断面図である。

【図 1 0】

図 1 に示した一実施形態による半導体装置の製造方法に用いるレーザ照射装置の変形例を示した概略図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示したレーザ照射装置のさらなる変形例を示した概略図である。

【図 1 2】

図 1 に示した一実施形態による半導体装置の製造方法に用いるレーザ照射装置の変形例を示した概略図である。

【図 1 3】

従来の YAG レーザの時間とレーザ出力との関係を示した相関図である。

【図 1 4】

従来の YAG レーザによるレーザビームの位置とビーム強度との関係を示した相関図である。

【符号の説明】

- 1、31、31a、31b、61 レーザ発振器
- 2、32a、32b、42a、42b 光ファイバ
- 2a コア部
- 2b クラッド部
- 3、33、53a、53b 照射光学系
- 4 照射光学系移動部
- 5 ベース
- 6 ヒータプレート
- 23 半導体層
- 25 吸収膜
- 50 基板

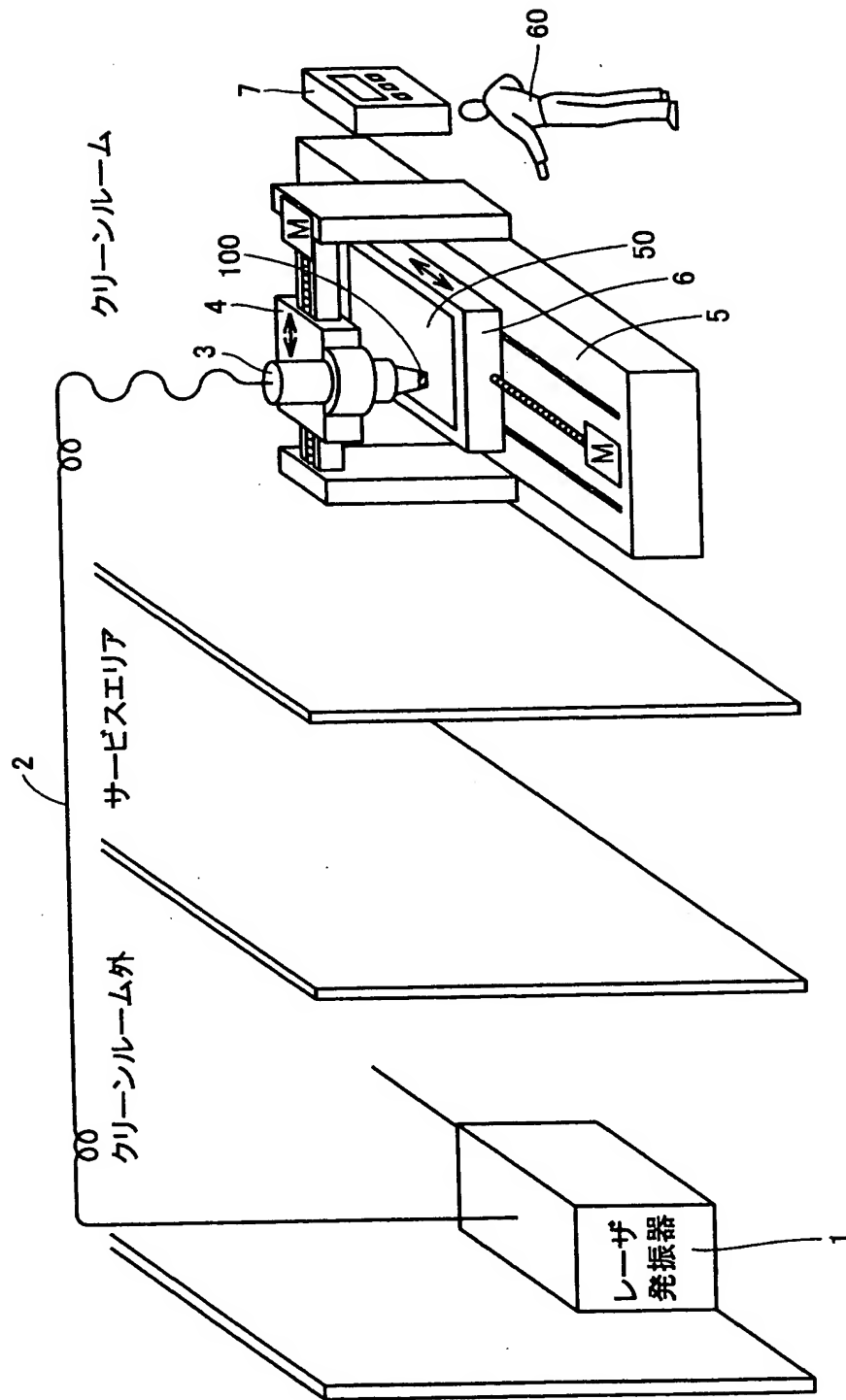
特 2 0 0 2 - 2 7 0 9 3 9

1 0 0 レーザビーム

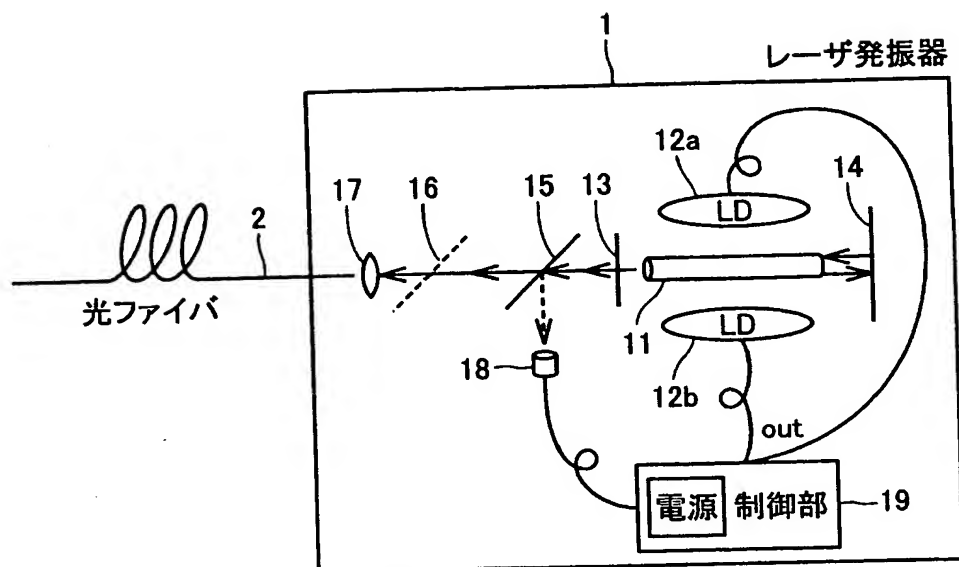
【書類名】

図面

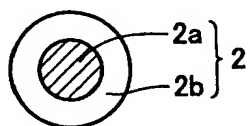
【図1】



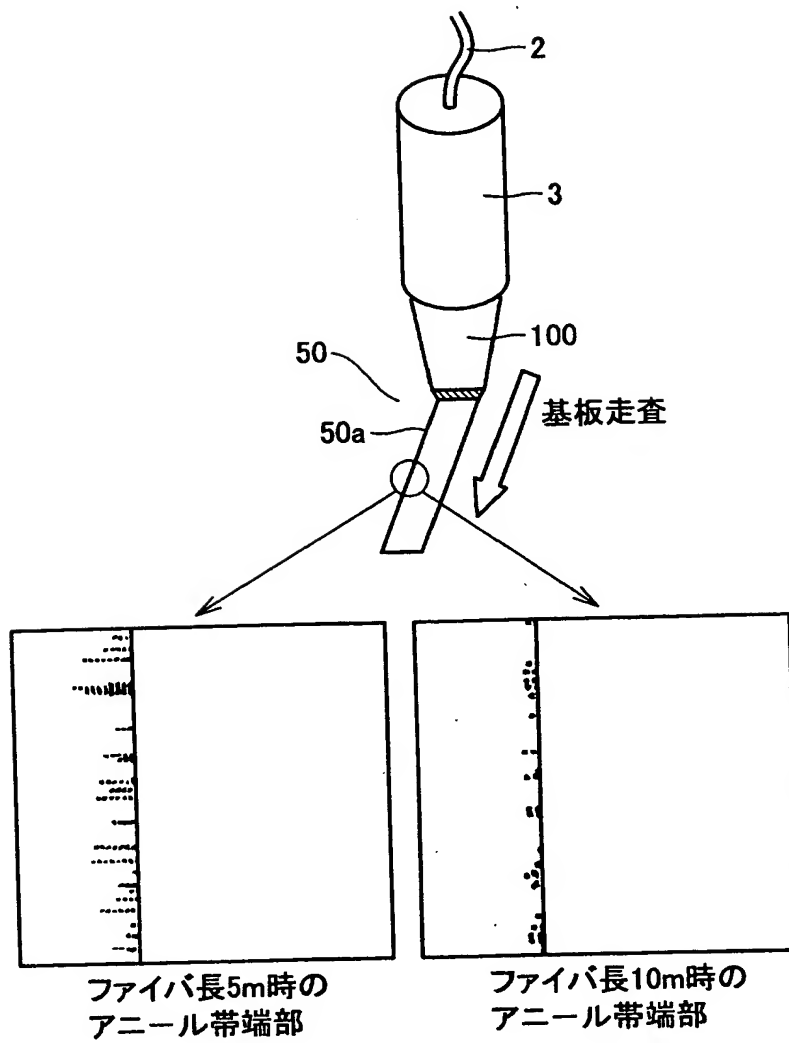
【図 2】



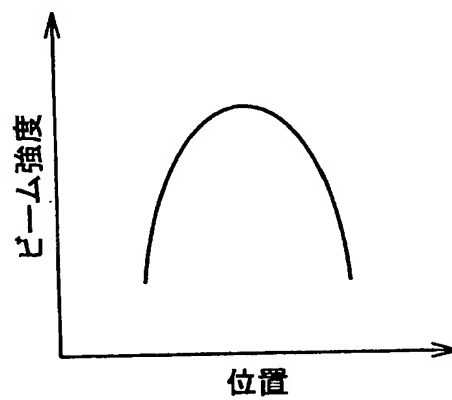
【図 3】



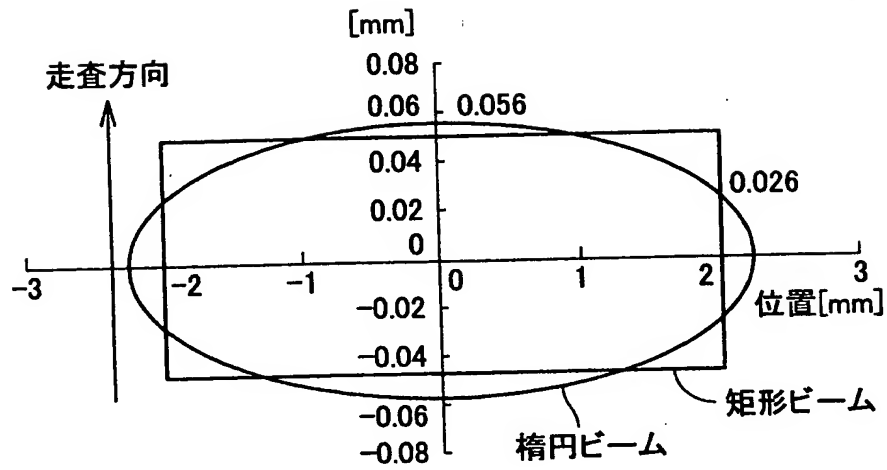
【図4】



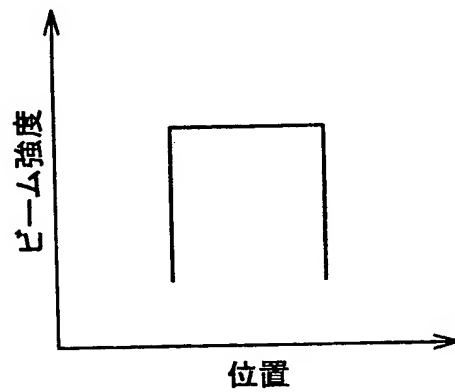
【図5】



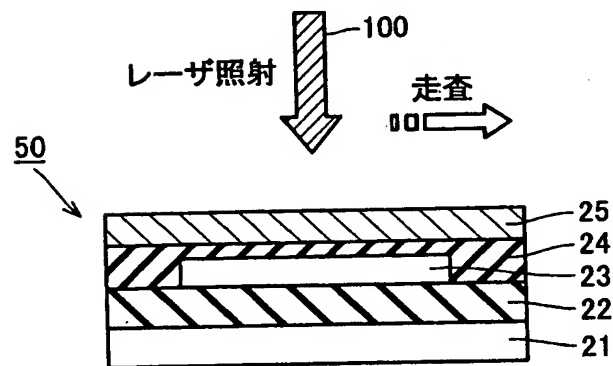
【図 6】



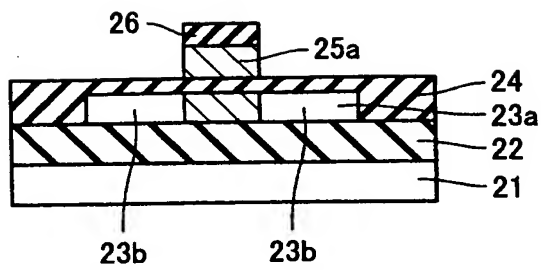
【図 7】



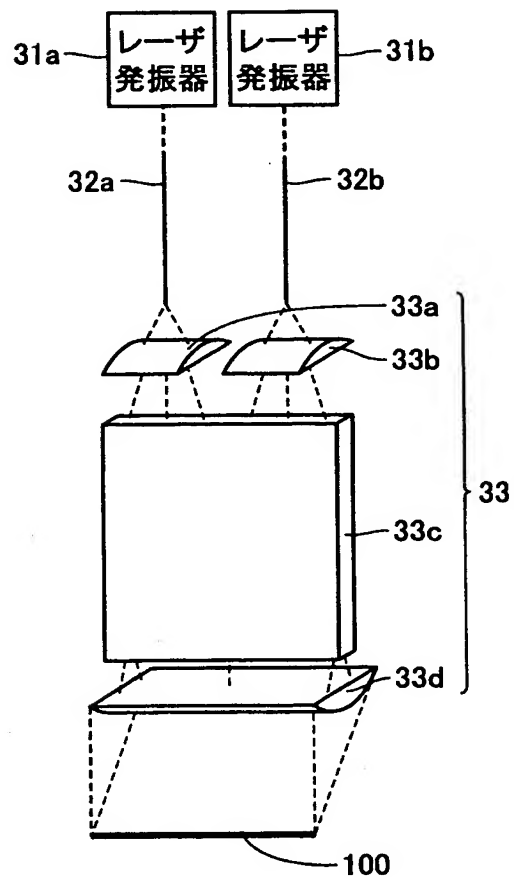
【図 8】



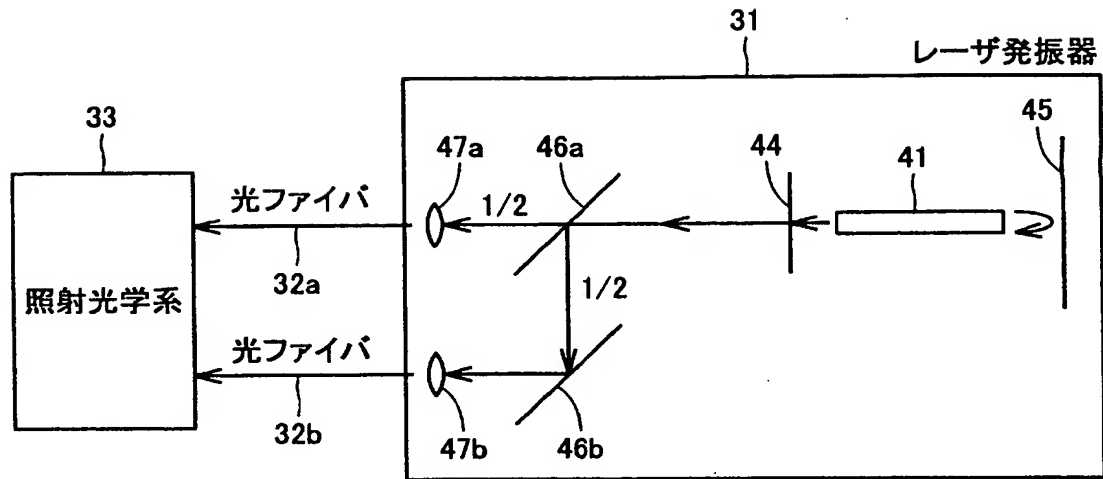
【図 9】



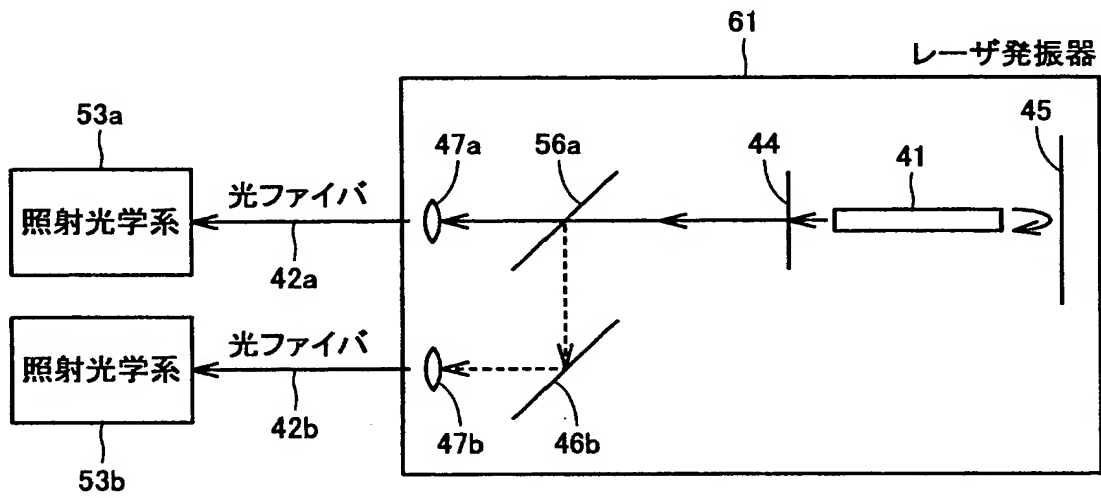
【図 1 0】



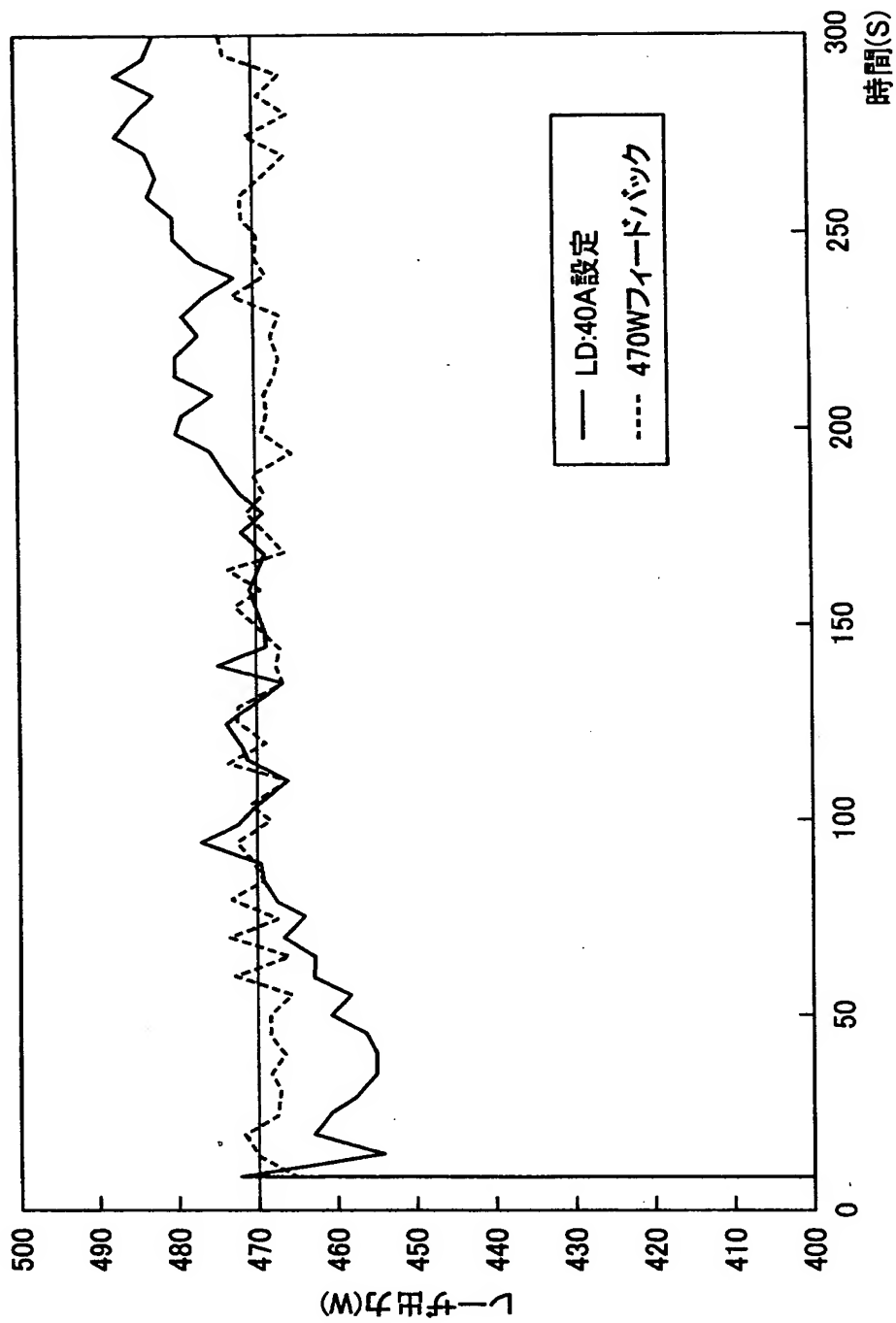
【図 1 1】



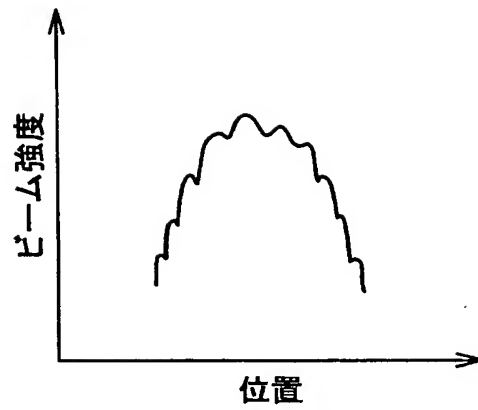
【図 1 2】



【図 13】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバの出口に設けられるレンズ群の小型化を図りながら、半導体層の結晶化や不純物の活性化などに必要な高密度のレーザー光を得ることが可能な半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 この半導体装置の製造方法は、YAGレーザーを発振するレーザー発振器1から照射光学系3までを単一のコア部2aを有する光ファイバ2で接続する工程と、YAGレーザーからのレーザービーム100を照射光学系3から照射することによって、半導体層23を加熱する工程とを備えている。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 8 8 9]

1. 変更年月日	1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
氏 名	三洋電機株式会社